

Mediciones acústicas en sitios arqueológicos del estado de Guanajuato

Acoustic measurements in archaeological sites in the state of Guanajuato

V. Aboites*, M. Wilson**

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados de las características acústicas de algunas de las principales plazas hundidas de los siguientes sitios arqueológicos del estado de Guanajuato: Cañada de la Virgen, El Cóporo, Peralta y Plazuelas. Utilizando una fuente de sonido operando con un nivel de intensidad de 120 dB y a una frecuencia sinusoidal y constante de 440 Hz, así como de un medidor acústico de niveles de intensidad graduado en decibelios, se obtuvieron planos digitales pseudo-coloreados de la distribución de intensidad acústica de las plazas hundidas. Consideramos que estos datos son importantes no solo por su interés arquitectónico, histórico y arqueológico intrínseco, sino también y sobre todo por que proporcionan a los especialistas en Arqueología información que puede contribuir a corroborar o rechazar algunas hipótesis sobre el uso religioso, ceremonial, astronómico, social o de intercambio comercial, entre otros.

ABSTRACT

This article shows the results of the acoustic characteristics of some of the most important sunken squares in the archeological sites of "Cañada de la Virgen", "El Cóporo", "Peralta" and "Plazuelas", in the state of Guanajuato. Pseudo-colored digital maps about the distribution of acoustic intensity in sunken squares were obtained using a sound source operating with an intensity level of 120 dB and a constant frequency of 440 Hz. An acoustic intensity level meter graduated in dB was also used. The authors consider that the results and data are relevant not only due to their architectural, historical and archeological intrinsic value, but also because they provide archaeology specialists with information that can be used to corroborate or reject some hypothesis related to the use of the squares in term of religious, ceremonial, astronomical, social or commercial exchange practices.

INTRODUCCIÓN

En el centro geográfico de México se encuentra "El Bajío". Esta zona estuvo densamente poblada por grupos sedentarios y nómadas vinculados con otras regiones mesoamericanas. En el Bajío se localizan más de mil sitios arqueológicos de distintos tipos: desde pequeñas comunidades hasta ciudades complejas que llegaron a dominar extensos territorios. Esta zona fue una región fronteriza entre mesoamérica y aridoamérica y por tanto entre sociedades con diferentes modos de vida, fue un lugar de congregación, intercambio y migración entre el Norte, el Occidente y el Centro de México. En esta zona se encuentran cuatro importantes sitios arqueológicos: Plazuelas, Peralta, Cañada de la Virgen y El Cóporo. Se pueden consultar mayores detalles históricos, geográficos y arqueológicos de estos sitios en las siguientes referencias: Braniff (1998); Braniff (2001); Braniff & Herz (2000); Cárdenas (2004); Cárdenas (2008); Castañeda (2007); Castañeda (2008); Nalda (2008); Torreblanca (2008); Zepeda (2008); Zepeda (2010).

Recibido: 21 de junio de 2012
Aceptado: 12 de marzo de 2013

Palabras clave:
Acústica; Arqueología; Arqueoacústica.

Keywords:
Acoustics; Archeology; Arqueoacoustics.

PACS: 01.55.+b, 01.75.+m, 01.90.+g

Zonas Arqueológicas del estado de Guanajuato

Desde 2001 en el estado de Guanajuato el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) trabaja, con el apoyo del Instituto Estatal de la Cultura (IEC), bajo la perspectiva de desarrollar proyectos arqueológicos (Instituto Estatal de la Cultura [IEC], 2001).

*Centro de Investigaciones en Óptica A.C., Loma del Bosque 115, León, México. Correo electrónico: aboites@cio.mx

**Université des Sciences et Technologies de Lille 1, CNRS UMR 8523-UFR de Physique-Bâtiment P5, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France.

Entre los logros de este proceso sobresale la apertura al público de la zona arqueológica de Plazuelas (en el municipio de Pénjamo) y su museo de sitio en marzo de 2006, así como la zona arqueológica de Peralta (en el municipio de Abasolo) en diciembre de 2008. Dos zonas más, Cañada de la Virgen (en San Miguel de Allende) y El Cópore (en Ocampo), han sido recientemente abiertas. La figura 1 muestra un mapa del estado de Guanajuato indicando la localización de estos cuatro sitios arqueológicos (IEC, 2001).



Figura 1. Mapa del estado de Guanajuato indicando la localización de los sitios arqueológicos.

El presente artículo reporta los resultados de las características acústicas en algunas de las plazas hundidas de los sitios arqueológicos anteriormente mencionados. Consideramos que esta información es importante no solo por su interés arquitectónico, histórico y arqueológico intrínseco, sino también y sobre todo, porque esta información podrá ayudar a los arqueólogos especialistas a corroborar o rechazar algunas hipótesis sobre el uso religioso, ceremonial, astronómico, social o de intercambio comercial, entre otros, que estos sitios arqueológicos pudieron haber tenido.

En las siguientes secciones se exponen las características generales de cada uno de los sitios mencionados tal cual son reportadas por el IEC del estado de Guanajuato (IEC, 2001). Posteriormente se detalla la metodología empleada para realizar las mediciones acústicas y finalmente se presentan los resultados obtenidos.

Características Generales

▫ Cañada de la Virgen

A 30 km de San Miguel de Allende, se construyó en época prehispánica la hoy llamada zona arqueológica Cañada de la Virgen. Las construcciones de este lugar son una buena muestra del patrón arquitectónico mesoamericano: su eje de simetría está dirigido a las salidas y puestas del sol y la luna. Su posición privile-

giada, desde la que se dominaba visualmente la cuenca central del río Laja, indica la importancia ritual y defensiva del lugar (IEC, [s. f.].a).

La cuenca central del río Laja, donde se asienta la zona arqueológica Cañada de la Virgen -y más de 70 asentamientos prehispánicos contemporáneos-, representó entre el año 540 y 1050 d. C. la sede de un dominio religioso y calendárico para el control de los sistemas agrícolas, las rutas de paso y de las materias primas con las que se abastecían. La figura 2 muestra una vista aérea del sitio (IEC, [s. f.].a).



Figura 2. Vista aérea de Cañada de la Virgen. Foto INAH tomada de (IEC, [s. f.].a).

Cañada de la Virgen está conformada por complejos arquitectónicos estrechamente vinculados. Destaca el Complejo "A" o Casa de los Trece Cielos -espacio fundamental para la observación celeste- que integra el Patio Hundido, el Basamento Piramidal (que rebasa la altura de los 15 m), y las plataformas que cierran al este, norte y sur este complejo ceremonial.

En el Complejo "A" los hallazgos funerarios han dado pauta para estudios forenses, que han resaltado prácticas culturales como la deformación craneana, inhumaciones, veneración ancestral y rituales asociados a la fundación del lugar. En la parte superior, el Templo Rojo alude igualmente al día y a la noche y a deidades del panteón mesoamericano. La figura 3 muestra una vista del Complejo "A" desde el jardín de arbustivas nativas (IEC, [s. f.].a).



Figura 3. Cañada de la Virgen, vista del Complejo "A" desde el jardín de arbustivas nativas. Foto INAH tomada de (IEC, [s. f.].a).

Asimismo, y formando parte del recinto central, destaca el Complejo "B" o Casa de la Noche más Larga. La figura 4 muestra una vista del Complejo "B"

desde lo alto del Complejo “A”. Se trata de un grupo arquitectónico con varias estructuras –basamento piramidal, patio hundido y plataformas– que indican una funcionalidad mixta de los espacios en cuestión. Ejemplo de ello es la asimetría del basamento piramidal (dispuesto al suroeste) que tiene en su costado sur cuartos sobre los paramentos. Este tipo arquitectónico, en opinión del investigador Dehman Barrales, únicamente se ha documentado en el área maya (Puc yucateco) y en Cañada de la Virgen.



Figura 4. Cañada de la Virgen, vista del Complejo “B” desde lo alto del Complejo “A”. Foto INAH tomada de (IEC, [s. f.]a).

El contexto ceremonial incluye también el Complejo “C” –que aún no ha sido excavado–. Se trata de un patio hundido de menores dimensiones que los mencionados, con plataformas que lo circundan. En apariencia este espacio tuvo un uso comercial y de almacenamiento.

La disposición urbana y arquitectónica integra una gran aguada, espejo de agua o jagüey –llamada Amanalli, que se abastece con la captación del agua en la temporada de lluvias–. Este cuerpo de agua fue significativo en la decisión para elegir el lugar del asentamiento prehispánico.

A todo este escenario arquitectónico y ritual se accedió por la calzada de más de 900 m de largo, que se proyecta de este a oeste y es el único acceso al recinto prehispánico. La arquitectura en Cañada de la Virgen recurre a diversas técnicas constructivas y usos diversos de materiales. Los aplanados interiores, de buena consistencia, fueron decorados en rojo, negro y ocre. El diseño amplio de los cuartos, con pilares de sostenimiento de los techos, el uso de escalinatas y los accesos controlados reflejan una organización compleja y estratificada.

Al igual que en otras partes de Mesoamérica, en Cañada de la Virgen hubo tres etapas constructivas que abarcan desde el año 540 al 1050 de nuestra era. El apogeo de este lugar transcurrió entre los años 600 a 900, y corresponde al epiclásico mesoamericano.

▫ El Cópore

El asentamiento prehispánico El Cópore, fué habitado entre 500 y 900 d. C., se encuentra sobre las estri-

baciones al poniente de la sierra de Santa Bárbara y próximo a la comunidad de San José del Torreón, en el actual municipio de Ocampo, al noreste del estado de Guanajuato, sobre la antigua frontera septentrional de Mesoamérica (IEC, [s. f.]b).

El asentamiento se compone de distintos espacios arquitectónicos que sugieren, junto con los objetos de cerámica y las herramientas en piedra, una afinidad con la región del Tunal Grande en San Luis Potosí y fuertes vínculos con los asentamientos prehispánicos de Zacatecas, Jalisco y El Bajío guanajuatense.

El escenario geográfico donde se localiza El Cópore evoca las reminiscencias del paisaje que pudieron observar sus antiguos habitantes. Este asentamiento prehispánico se encuentra en una zona de transición de la sierra de Santa Bárbara y el extenso valle de Ocampo. El principal afluente es el río Grande de Ibarra, alimentado por varios arroyos que descienden de la sierra. Los arroyos denominados Gotas y Cópore, así como la presencia de varios manantiales, forman parte del asentamiento de El Cópore, convirtiéndose así en las principales fuentes de abastecimiento de agua. La sierra de Santa Bárbara se eleva, en sus partes más altas, a 2650 m s. n. m.

Los conjuntos arquitectónicos que conforman el sitio El Cópore se encuentran distribuidos tanto en la cima como en las laderas del cerro del Cópore. El asentamiento muestra una adaptación al entorno y la planeación de sus distintos espacios en función de su antigua cosmovisión, pues en la parte baja se encontraron los espacios públicos y habitacionales, mientras que a medida que se asciende a la cima se crea un ambiente íntimo y ceremonial.

En total son seis conjuntos (o barrios) arquitectónicos, el Conjunto Llano es el más bajo y el Conjunto Cópore el más alto.

La Unidad Habitacional No. 47 se encuentra próxima a la parte nuclear del sitio, este lugar muestra un acercamiento entorno a la vida cotidiana de los antiguos habitantes del sitio en un espacio doméstico durante la época prehispánica.

Posteriormente de esta unidad habitacional se ingresa a un gran conjunto denominado Barrio Gotas, el cual corresponde a un espacio cívico y público. Un gran montículo en forma de ‘L’ sobresale del terreno, indicando su importancia en el lugar por sus dimensiones. La figura 5 muestra una vista aérea del Barrio Gotas y la figura 6 un detalle arquitectónico del mismo (IEC, [s. f.]b).



Figura 5. El Cópore, vista aérea del Barrio Gotas. Foto INAH tomada de (IEC, [s. f.].b).



Figura 6. El Cópore, detalle arquitectónico del Conjunto Gotas. Foto INAH tomada de (IEC, [s. f.].b).

El Barrio Cópore, corresponde a un espacio de carácter ceremonial y privado. Durante los primeros trabajos de exploración superficial en este sector se descubrió una almena tallada en cantera con forma escalonada. Al ingresar a este lugar resalta el gran montículo, debido a la perspectiva que se toma al ir ascendiendo al cerro. En este montículo denominado como Estructura No.1, se encontró en la parte superior un gran pozo de saqueo que dejó al descubierto ocho antiguos pisos de ocupación prehispánica. El montículo está asentado sobre una gran plataforma que nivela el amplio terreno y se extiende por el noreste del basamento piramidal.

El cerro Cópore corre en desnivel hacia el este hasta llegar a otra pequeña elevación conocida como El Caracol, donde se puede presumir la colocación de alguna estructura de vigilancia que controla el sector este de la cañada y la sierra de Santa Bárbara. En la ladera que se integra a la barranca, donde corre el arroyo Cópore y continúa en dirección a la sierra, existe un gran muro defensivo de mampostería que protege esta parte del sitio.

▫ Peralta

El sitio arqueológico de Peralta se localiza en el municipio de Abasolo, al suroeste del estado de Guanajuato. Forma parte de la región conocida como El Bajío, la gran planicie aluvial del río Lerma (IEC, [s. f.] c). Peralta es uno de los seis sitios arqueológicos de mayor tamaño y diversidad constructiva entre los 174 que

forman la tradición El Bajío. Su núcleo tiene una extensión de 75 ha, mientras que la extensión total del sitio se aproxima a las 300 ha.

De la parte explorada, destacan varias construcciones: el edificio Doble Templo y Patio Hundido, el Recinto de los Gobernantes y el conjunto Templo-Recinto y Patio Hundido. Tres conjuntos más han sido parcialmente estudiados: La Joyita, La Crucita y La Luz de Quintana, ubicados en las proximidades del área nuclear. Los conjuntos de esta área son las cinco edificaciones mayores donde se realizaban actividades públicas y ceremoniales (IEC, [s. f.].c).

• El Conjunto 1: El Recinto de los Gobernantes

Conocido localmente como La Mesita, es el mayor elemento arquitectónico de Peralta y una de las mayores plataformas asociadas con la tradición El Bajío, (figura 7). Se trata de un complejo rectangular de 147 m × 130 m de base y 12 m de alto. La parte superior presenta una gran plaza o patio rodeado por una banqueta que sirvió como una especie de corredor. Un poco más arriba se observa una segunda banqueta sobre la cual se construyeron habitaciones y espacios de residencia de los gobernantes.



Figura 7. Peralta, vista aérea del Recinto de los Gobernantes. Foto INAH tomada de (IEC, [s. f.].c).

Un segundo patio hundido, cuadrado y de menores dimensiones, se construyó en la porción suroeste de la plataforma; este patio no ha sido estudiado y se trabaja para conocer sus características constructivas y las actividades que se desarrollaron en este espacio.

Sin duda, el elemento más notorio de la plataforma es la estructura de planta circular ubicada en el lado oeste del patio. Ésta última muestra dos distintas etapas de construcción. Las excavaciones mostraron la existencia de un hoyo de poste, lo cual habla de la presencia del ritual de volador, semejante al que se realiza aún en la zona norte de Veracruz y en la Huasteca. Es la primera ocasión que se encuentran evidencias de ese tipo de prácticas en esta porción de Mesoamérica.

- El Conjunto 2: Doble templo y Patio Hundido

Localmente se conoce como El Divisadero; se trata de un espacio formado por un patio hundido y dos templos delimitando sus lados este y sur, una banqueta lateral en forma de “L” delimita los lados norte y oeste del patio. En total, el conjunto mide 85 m en el lado norte y 79 m en el lado oeste. Desde afuera mide 12 m en su punto más alto. La figura 8 muestra un detalle de las escaleras del Conjunto 2.

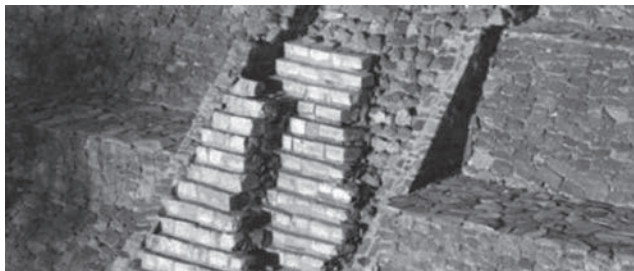


Figura 8. Perálta, detalle de las escaleras del Conjunto 2. Foto INAH tomada de (IEC, [s. f.]c).

- Plazuelas

En las estribaciones sureñas de la sierra de Pénjamo, al suroeste de la sierra de Guanajuato, se hallan los vestigios de una de las ciudades más complejas de esta región. Plazuelas sobresale por su integración al paisaje, ya que fue edificada cuidadosamente para no romper el orden de su entorno, como se muestra en la figura 9. La ocupación de este sitio se dio entre 600 y 900 d. C., periodo en el que el territorio del actual estado de Guanajuato alcanzó su mayor densidad de población (IEC, [s. f.]d).



Figura 9. Plazuelas, conjunto Casas Tapadas en armonía con la sierra de Pénjamo. Foto INAH tomada de (IEC, [s. f.]d).

Sobre tres laderas que separan dos barrancas –Los Cuijes al oeste y Agua Nacida al este–, los edificios fueron construidos de manera dispersa, comunicándose entre sí a través de largas calzadas y veredas que suben y bajan entre los cerros, y en donde un manantial, El Agua Nacida, es el punto de confluencia de ellos. Al norte, el límite de esta antigua ciudad es la

sierra de Pénjamo; al este hay otras laderas, parte de las estribaciones sureñas. Bordeando las orillas superiores de las barrancas sobresale un afloramiento rocoso que fue usado como banco de material para la construcción de los edificios (IEC, [s. f.]d).

La ladera central ha sido la más explorada del sitio arqueológico de Plazuelas. En ella sobresalen dos complejos edificios que resaltan la importancia del sitio: una cancha para el juego de pelota y un conjunto de plazas y basamentos piramidales al que se ha nombrado Casas Tapadas. De las tres laderas, es ésta la que requirió el mayor esfuerzo constructivo para corregir las irregularidades del terreno y lograr una gran explanada que debió reunir durante su apogeo a un gran número de visitantes.

Por el sur, dos grandes terrazas escalonadas acortan el fuerte desnivel del terreno; por el este, un juego de ligeras terrazas ayuda a nivelar la explanada, mientras que por el oeste, sobre la barranca de Los Cuijes, se tuvo que construir un muro de 30 m de altura. Los basamentos norte, este y sur están unidos por un largo muro-banqueta que enmarca un pequeño palacio, el basamento central y un altar. Este muro-banqueta, en el que se debieron sentar los visitantes a observar las ceremonias, recuerda el largo muro que encierra el espacio de los principales templos en Teotihuacán, Tenochtitlán y Tlatelolco con el que crearon un recinto sagrado.

Se accede a Casas Tapadas por diversas escalinatas en los cuatros rumbos, la figura 10 muestra un detalle arquitectónico del lugar. Parece que las del norte, este y sur eran parte de la vialidad interna del edificio, mientras el del oeste debió ser el acceso principal para los visitantes foráneos, ya que se llega a ella por una larga calzada de 500 m de longitud.



Figura 10. Plazuelas, detalle arquitectónico de Casas Tapadas. Foto INAH tomada de (IEC, [s. f.]d).

Al entrar por el lado oeste sobresale en primer plano un pequeño edificio que se ha identificado como palacio, lugar de reunión de gobernantes, nobles, sacerdotes y guerreros. Bajo una de las columnas de este palacio fue depositada una escultura pintada de

rojo, que asemeja una serpiente emplumada con las fauces abiertas de la que emerge el rostro de un personaje ataviado con collares.

Al pie de la escalinata sur se inicia una calzada que conduce a un juego de pelota con varias particularidades. Por ejemplo, no se encuentra dentro del conjunto monumental, sino al centro de una gran plaza por lo que podía ser visto a gran distancia.

A pesar de los avances en la exploración, Plazuelas sigue siendo un lugar de grandes incógnitas. El diseño y ornamentación de sus edificios evoca una y otra vez el antiguo culto a los dioses que personificaban el agua, la tierra, el fuego y el viento, elementos indispensables para la reproducción de la vida, entre los que destacan los atributos de Tláloc, Dios de la lluvia, Señor del tiempo agrícola. Por otra parte, la combinación de los diseños tallados en las rocas y las representaciones arquitectónicas distintivas de regiones cercanas y lejanas, confirman a Plazuelas como un centro que aglutina la complejidad del pensamiento de los diversos pueblos que formaron parte de la civilización mesoamericana.

MÉTODOS

Actualmente es reconocido que el estudio sónico de elementos arqueológicos puede incrementar nuestra comprensión de éstos ya sea tratándose de sitios arqueológicos o de instrumentos acústicos como instrumentos musicales, entre otros (Scarre & Lawson, 2006). La arqueoacústica es un campo multidisciplinario que incluye a la arqueología, la acústica y la modelación digital. Sin embargo, la intencionalidad es el concepto central de los estudios arqueoacústicos y éste escapa de los objetivos de este trabajo que únicamente se propone poner a disposición de arqueólogos datos acústicos de los sitios estudiados.

La realización de las mediciones acústicas en cada una de las plazas hundidas se hizo de acuerdo al procedimiento en seguida descrito. El equipo utilizado consistió en una fuente de sonido operando a una intensidad de 120 dB (medida a 1m de distancia de la fuente) y a una frecuencia sinusoidal y constante de 440 Hz, así como de un medidor de intensidad graduado en decibeles con ponderación C (a la frecuencia de 440 Hz la ponderación B y C prácticamente coinciden). Para las mediciones se eligió esta intensidad debido a que, como puede verse en el apéndice, a 120 dB se encuentra el umbral de dolor acústico. Este es el nivel de intensidad más elevado que se puede escuchar sin causar daños al oído. Partimos de la hipótesis de que los habitantes de los sitios arqueológicos analizados

no pudieron haber manejado intensidades mayores y que su umbral de dolor y el nuestro es el mismo. La frecuencia de 440 Hz se eligió debido a que esta era la frecuencia disponible por el generador acústico usado. A pesar de que esta frecuencia adolece de ser eurocéntrica en el sentido de que es una frecuencia de referencia e importante en la tradición occidental, no sabemos si tenga relevancia en el mundo Mesoamericano. Ésto último debe ser demostrado y determinado, por ejemplo a partir de sus instrumentos musicales y sonoros, en estudios posteriores.

Debido a que la fuente de sonido empleada no es omnidireccional, para todas y cada una de las mediciones la fuente y el medidor de intensidad fueron orientados uno en dirección al otro. Para cada medición se siguieron los pasos siguientes:

1. Se determinaron los puntos donde sería colocada la fuente emisora de sonido. Estos puntos se eligieron en las cúspides o plataformas elevadas de las construcciones piramidales o banquetas adyacentes a las plazas hundidas.
2. En cada plaza hundida, normalmente con estructura rectangular, se trazó una retícula formada por líneas separadas cada 5 m y perpendiculares. Cada una de las intersecciones de esta cuadrícula definió un punto para la medición de la intensidad del sonido.
3. Utilizando software para el procesamiento de datos bi-dimensionales, correspondientes a las mediciones acústicas de cada uno de los puntos de intersección de la cuadrícula trazada para cada plaza, se obtuvieron por interpolación estimaciones para todos los puntos de cada plaza hundida. A partir de estos datos se generaron planos pseudocoloreados (artificialmente coloreados) mostrando la intensidad del sonido en cada punto dentro de cada plaza hundida. Estos planos pseudocoloreados son los resultados finales de cada medición y fueron insertados, a escala, en los planos de los sitios arqueológicos proporcionados por el IEC del estado de Guanajuato.

RESULTADOS

Cañada de la Virgen

Las siguientes imágenes muestran el plano completo del sitio arqueológico de Cañada de la Virgen así como un acercamiento a la Plaza Hundida mostrando los resultados pseudocoloreados obtenidos.

La figura 11 muestra la imagen “Cañada de la Virgen A – Completo” en donde se muestran los resultados obtenidos cuando la fuente de sonido se posicionó en el punto más alto de la pirámide principal. La figura 12 muestra la imagen “Cañada de la Virgen A – Zoom” Muestra los mismos resultados con un acercamiento. En esta última figura se muestra también la escala de color con el nivel de intensidad de sonido en decibeles.

La figura 13 muestra la imagen “Cañada de la Virgen B – Completo” muestra los resultados obtenidos cuando la fuente de sonido se posicionó en la plataforma anterior al punto más alto de la pirámide principal. La figura 14 muestra la imagen “Cañada de la Virgen B – Zoom”, se aprecian los mismos resultados con un acercamiento. En esta última figura se muestra también la escala de color con el nivel de intensidad de sonido en decibeles.

El Cópore

La figura 15 con pie de figura “Cópore – Completo” muestra los resultados obtenidos cuando la fuente de sonido se posicionó sobre la plataforma central de la Plaza. La figura 16 muestra la imagen “Cópore - Zoom”. Esta muestra los mismos resultados pero con un acercamiento. En esta última figura se muestra también la escala de color con el nivel de intensidad de sonido en decibeles.

Peralta

La figura 17 muestra la imagen “Peralta A – Completo”, son los resultados obtenidos cuando la fuente de sonido se posicionó en el punto más alto de la pirámide menor (la pirámide con menor área). La figura 18 muestra la imagen “Peralta A - Zoom”. Muestra los mismos resultados con un acercamiento. En esta última figura se muestra también la escala de color con el nivel de intensidad de sonido en decibeles.

La figura 19 muestra imagen “Peralta B – Completo” se aprecian los resultados obtenidos cuando la fuente de sonido se posicionó en el punto más alto de la pirámide mayor (la pirámide con mayor área). La figura 20 muestra la imagen “Peralta B - Zoom” estos son los mismos resultados anteriores con un acercamiento. En esta última figura se muestra también la escala de color con el nivel de intensidad de sonido en decibeles.

Plazuelas

La figura 21 con pie de figura “Plazuelas – Completo” muestra los resultados obtenidos cuando la fuente de sonido se posicionó en los puntos más altos de las

pirámides principales. La figura 22 muestra la imagen con pie de figura “Plazuelas - Zoom”. Estos son los mismos resultados con un acercamiento. En esta última figura se muestra también la escala de color con el nivel de intensidad de sonido en decibeles.

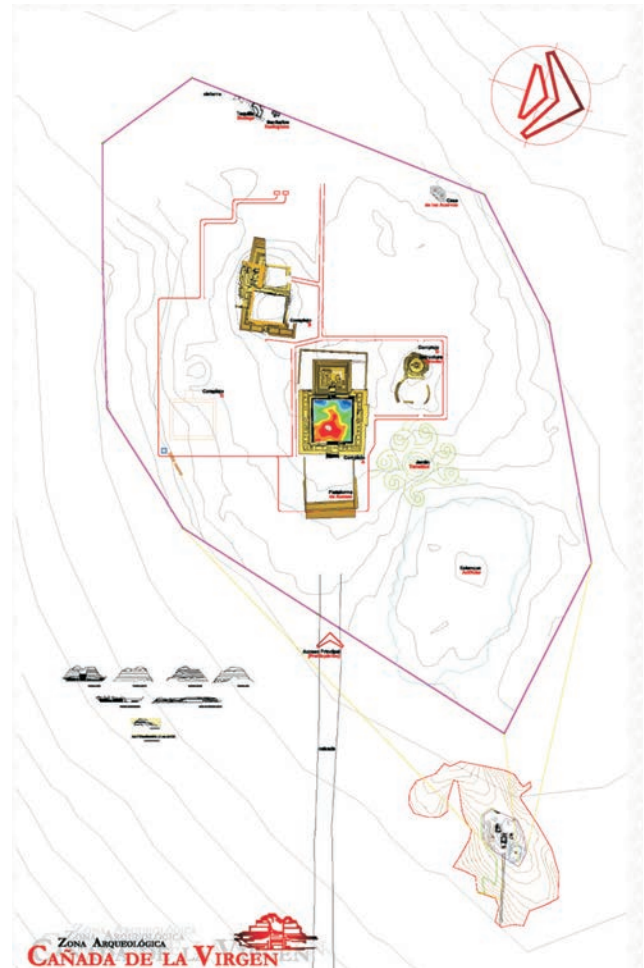


Figura 11. Cañada de la Virgen. Plano A – Completo

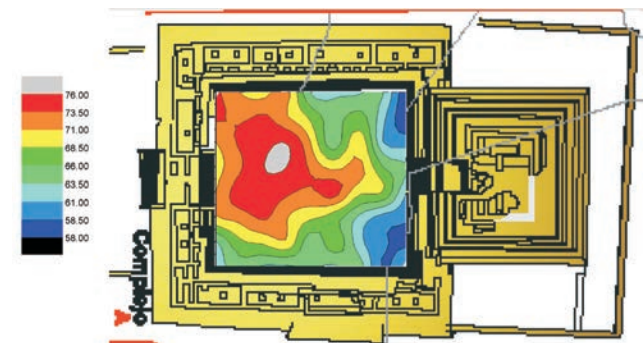


Figura 12. Cañada de la Virgen. Plano A – Zoom

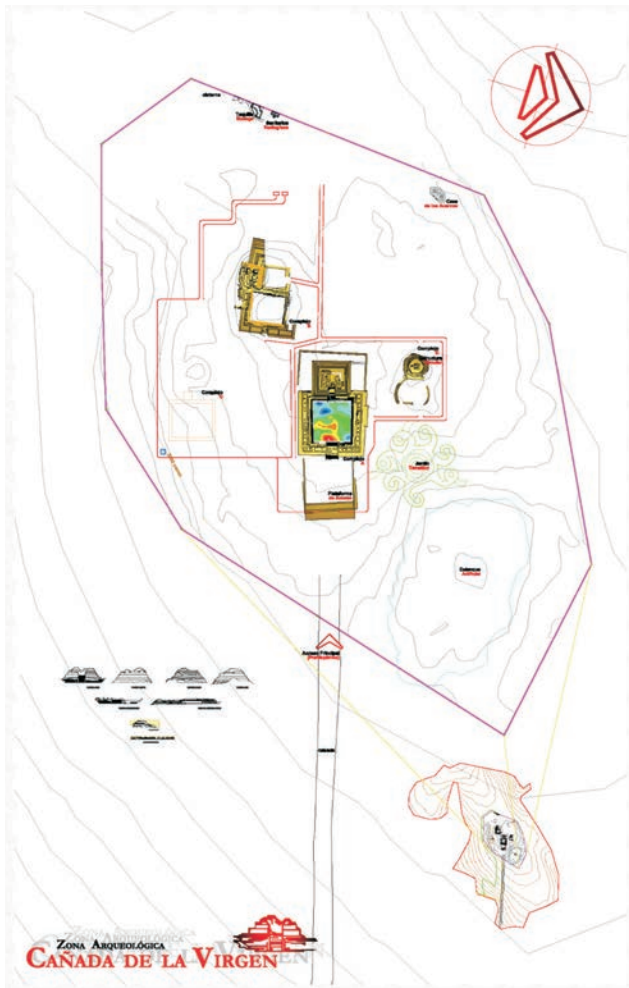


Figura 13. Cañada de la Virgen. Plano B – Completo

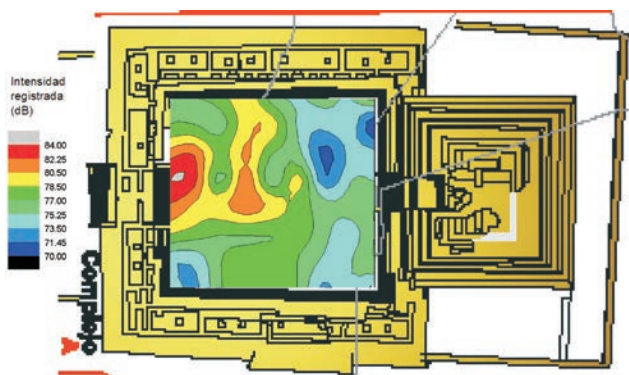


Figura 14. Cañada de la Virgen. Plano B – Zoom

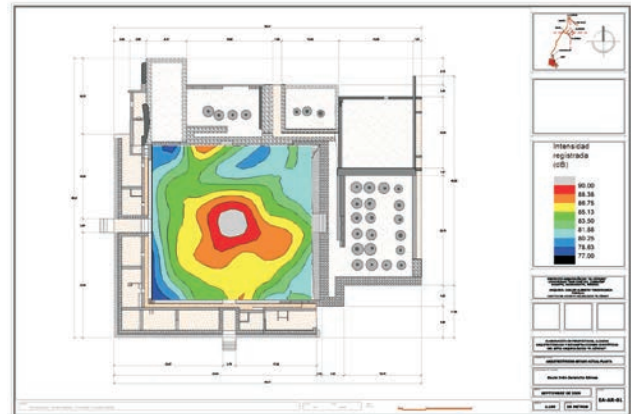


Figura 15. Cópore. Plano completo.

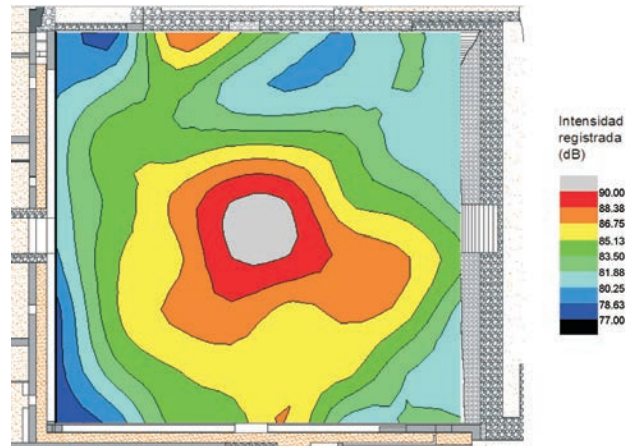


Figura 16. Cópore. Zoom

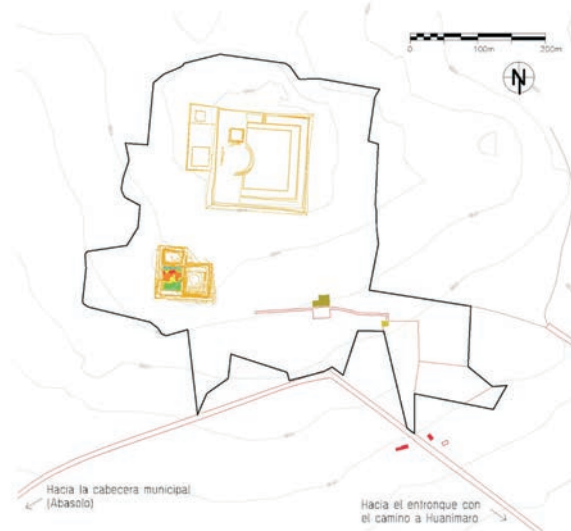


Figura 17. Peralta . Plano A – Completo

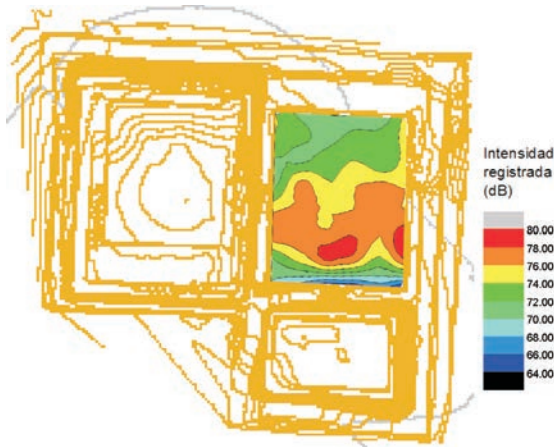


Figura 18. Peralta. Plano A – Zoom

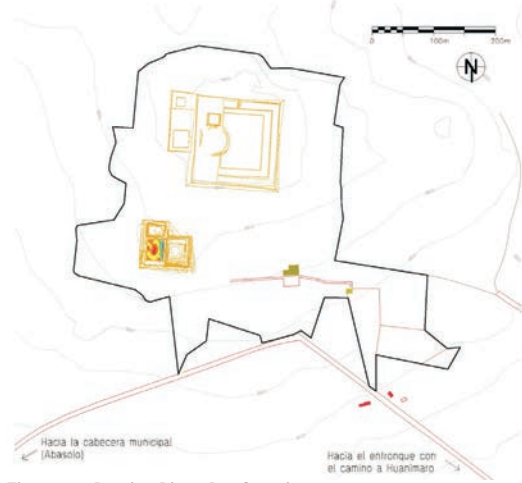


Figura 19. Peralta. Plano B – Completo

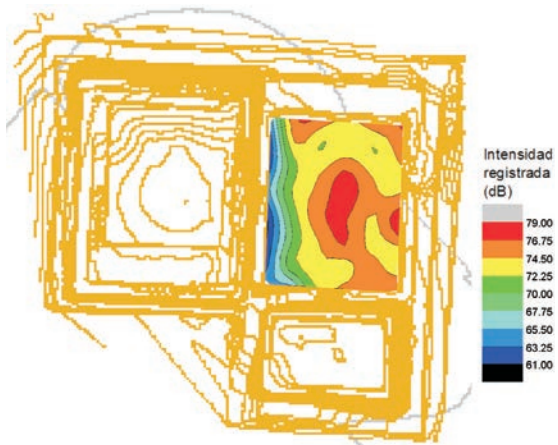


Figura 20. Peralta. Plano B – Zoom



Figura 21. Plazuelas. Plano A – Completo

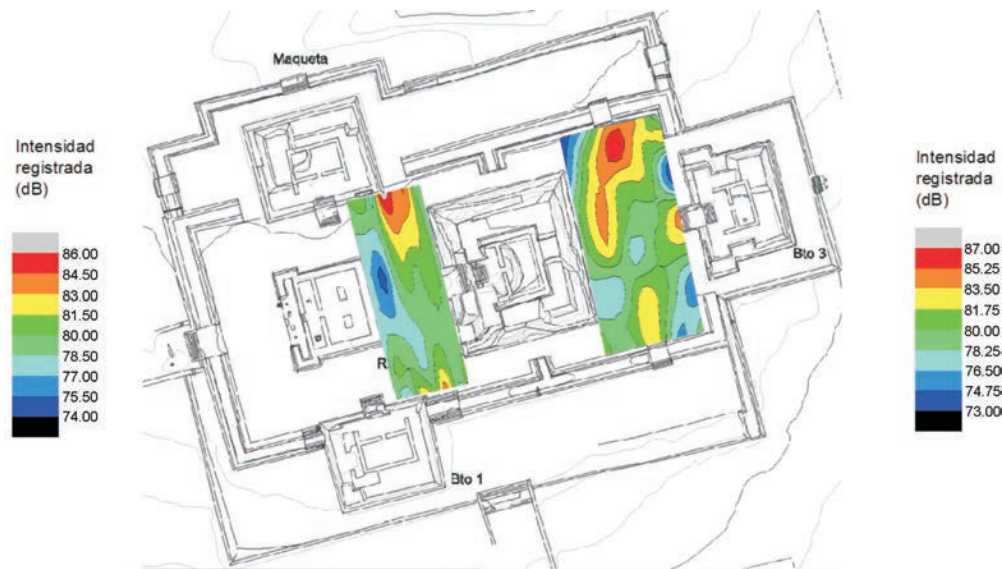


Figura 22. Plazuelas. Plano A - Zoom

CONCLUSIONES

Se presentan los resultados de las mediciones de la distribución de la intensidad acústica obtenidas en las plazas de cuatro sitios arqueológicos en forma de planos digitales bidimensionales pseudocoloreados. Es importante señalar que las características acústicas medidas fueron realizadas estando las plazas vacías y no llenas de personas como suponemos que en la práctica, durante su uso, pudo haber ocurrido.

En Cañada de la Virgen las figuras 12 y 14 muestran que los resultados obtenidos cuando la fuente de sonido se posicionó en el punto más alto de la pirámide principal, proporciona un nivel de intensidad acústico en la plaza, inferior que el obtenido cuando la fuente de sonido se posicionó en la plataforma anterior al punto más alto de la pirámide principal. En este último caso prácticamente toda el área ocupada por la plaza se encuentra a un nivel de intensidad acústica arriba de 70 dB. En el Cópore cuando la fuente de sonido se posicionó sobre la plataforma central de la Plaza también se encuentra que prácticamente toda la plaza recibe una intensidad acústica arriba de 70 dB. En el sitio de Peralta las figuras 18 y 20 no permiten, a partir de una apreciación cualitativa, sugerir que sea preferible colocar la fuente de sonido en la parte superior de la pirámide mayor o de la menor pues los patrones de distribución de intensidad acústica son bastante similares. En ambos casos

la intensidad acústica de la plaza es igual o superior a los 70 dB. En el sitio de Plazuelas las dos plazas estudiadas muestran una distribución de intensidad acústica superior a los 70 dB. Como se puede apreciar en el Apéndice, 70 dB es un nivel de intensidad acústica suficiente para ser escuchado con claridad por cualquier persona que se encuentre dentro de la plaza. Como se menciona al inicio de este artículo, se espera que estos resultados puedan ser útiles para rechazar o corroborar algunas hipótesis sobre el uso específico que tenían dichas plazas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen ampliamente la cuidadosa lectura, correcciones, observaciones y sugerencias de dos árbitros anónimos.

REFERENCIAS

- Braniff, C. B. (1998). *Morales, Guanajuato y la tradición Chupicuaro*, México: INAH.
- Braniff, C. B. (2001). *La Gran Chichimeca; el lugar de las rocas secas*. México: CONACULTA.
- Braniff, C. B. & Herz, M. (2000). *Nómadas y sedentarios en el norte de México: homenaje a Beatriz Braniff*. México: UNAM.
- Cárdenas G. E. (2004). *Tradiciones Arqueológicas*. México: Ed. El Colegio de Michoacán.

- Cárdenas G. F. (2008). *Peralta, Guanajuato. Arqueología Mexicana. XVI(92)*, 56-59.
- Castañeda, L. C. (2007). *Zonas arqueológicas en Guanajuato; cuatro casos : Plazuelas, Cañada de la Virgen, Peralta y El Cóporo*. México: Ed. Fideicomiso de Administración e Inversión para la Realización de las Actividades de Rescate y Conservación de Sitios Arqueológicos en el estado de Guanajuato.
- Castañeda L. C. (2008). Plazuelas, Guanajuato. *Arqueología Mexicana. XVI(92)*, 44-47.
- Instituto Estatal de la Cultura, (IEC). (2001). *Los proyectos arqueológicos en el estado de Guanajuato: Un innovador modelo de gestión y operación*. Recuperado de: http://cultura.guanajuato.gob.mx/zonas_arqueologicas.php. Consultado el 9 Mayo 2012.
- Instituto Estatal de la Cultura, (IEC). (s. f.)a. *Cañada de la Virgen. Reflejo del cielo en la tierra*. Recuperado de: <http://cultura.guanajuato.gob.mx/zonas/canada.php>. Consultado el 9 Mayo 2012.
- Instituto Estatal de la Cultura, (IEC). (s. f.)b. *El Cóporo. Ocampo, Guanajuato*. Recuperado de: <http://cultura.guanajuato.gob.mx/zonas/coporo.php>. Consultado el 9 Mayo 2012.
- Instituto Estatal de la Cultura, (IEC). (s. f.)c. *Peralta. Testimonio del Bajío prehispánico*. Recuperado de: <http://cultura.guanajuato.gob.mx/zonas/peralta.php>. Consultado el 9 Mayo 2012.
- Instituto Estatal de la Cultura, (IEC). (s. f.)d. *Plazuelas. Ciudad esculpida al ritmo de la sierra*. Recuperado de: <http://cultura.guanajuato.gob.mx/zonas/plazuelas.php>. Consultado el 9 Mayo 2012.
- Nalda, E. (2008). La arqueología de Guanajuato. *Arqueología Mexicana, XVI(92)*, 36-43.
- Scarre, C. y Lawson, G. (2006). *Archaeoacoustics*. Cambridge: MacDonald Institute for Archaeological Research.
- Torreblanca P. C. A. (2008). El Cóporo, Guanajuato. *Arqueología Mexicana, XVI(92)*, 60-63.
- Zepeda G. M. G. (2008). Cañada de la Virgen: Guanajuato. *Arqueología Mexicana. XVI(92)*, 56-59.
- Zepeda, G. M. G. (2010). *Cañada de la Virgen: Refugio de los muertos y los ancestros*. México: Ed. Fideicomiso de Administración e Inversión para la Realización de las Actividades de Rescate y Conservación de Sitios Arqueológicos en el estado de Guanajuato.

APÉNDICE

El decibelio [dB] es la unidad de medida utilizada para el nivel de intensidad del sonido L_w , y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$L_w = 10 \log_{10} (P_2/P_1) \text{ [dB]}$$

En donde P_2 es la intensidad de la fuente del sonido a estudiar y $P_1 = 1 \times 10^{-12} \text{ W/m}^2$ es aceptado como el umbral de audición.

Nótese que si P_2 es igual a P_1 entonces $L_w = 0$, mientras que si P_2 es mayor que P_1 entonces el valor de L_w es positivo, finalmente si P_2 es menor que P_1 el valor de L_w es negativo.

Para una fuente el doble de intensa que otra se tiene una diferencia en dB de:

$$10 \log_{10} (P_2/P_1) = 10 \log 2 = 3 \text{ dB.}$$

Una fuente diez veces más intensa que otra tiene una diferencia en dB de:

$$10 \log_{10} (P_2/P_1) = 10 \log 10 = 10 \text{ dB.}$$

Una fuente un millón de veces más intensa que otra tiene una diferencia en dB de:

$$10 \log_{10} (P_2/P_1) = 10 \log 1\,000\,000 = 60 \text{ dB.}$$

En la tabla 1 se muestra la relación de decibeles con diferentes fuentes de sonido.

Tabla 1.
Intensidad de sonido de diferentes fuentes

Fuentes de sonido	Decibeles
Umbral de audición	0
Respiración normal	10
Rumor de las hojas en el campo	20
Murmullo, oleaje suave en la costa	30
Biblioteca	40
Conversación normal	50
Oficina en horario de trabajo	60
Conversación en voz muy alta, restaurante ruidoso	70
Tímbr, camión pesado en movimiento	80
Aspiradora, maquinaria de una fábrica	90
Licudadora	100
Llanto de un bebé	110
Umbral de dolor	120
Martillo neumático	130
Despegue de un avión jet	140
El tambor del oído se rompe instantáneamente	160
Muerte del tejido auditivo	180
Sonido más alto posible	194